УДК 678; 331.45
https://doi.org/10.23947/2541-9129-2019-4-24-31

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ УТИЛИЗАЦИИ ИЗНОШЕННЫХ ШИН С УЧЕТОМ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА НА МАЛОМ АВТОТРАНСПОРТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Тюрин А. П., Верзакова Д. Д.
Ижевский государственный технический университет им. М. Т. Калашникова, г. Ижевск, Россия
asd1978@mail.ru
verzakovad@mail.ru

На участке по переработке изношенных шин фиксируются различные вредные и опасные производственные факторы, в том числе повышенный уровень шума от дезинтегратора. Здесь эквивалентный уровень звука равен 88 дБА при норме не более 80 дБА (для 2-го класса). Причем воздействию шума подвергается не только оператор, но и сотрудники, работающие поблизости. Задача по снижению шумового воздействия может быть решена, если использовать акустические ширмы. Важно правильно рассчитать их необходимое количество, площадь шумопоглощающего материала и пр. Исследования показывают, что установка 7 ширм общей площадью 20 кв. м обеспечивает уровень шума, соответствующий санитарно-гигиеническим требованиям. Как следствие, может быть снижен класс условий труда по вредности и опасности.

Ключевые слова: переработка шин, установка по измельчению, дезинтегратор, измельчитель, условия труда, вредные и опасные производственные факторы, снижение шума.

UDC 678; 331.45
https://doi.org/10.23947/2541-9129-2019-4-24-31

THE SOLUTION TO THE PROBLEM OF DISPOSAL OF USED TIRES, TAKING INTO ACCOUNT LABOR SAFETY IN A SMALL MOTOR TRANSPORT ENTERPRISE

Tyurin A. P., Verzakova D. D.
Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia
asd1978@mail.ru
verzakovad@mail.ru

When organizing a site for the processing of used tires at a motor transport enterprise, a wide range of harmful and hazardous production factors leads to increased noise levels. The source of his education is a disintegrator. It was established that at the studied workplace the equivalent sound level is 88 dBA with a norm of not more than 80 dBA (for the 2nd class). Not only the operator, but also workers performing their labor functions nearby are exposed to noise in the study area. The solution to the problem of reducing noise exposure is associated with a preliminary calculation of acoustic screens, determining the necessary area of sound-absorbing material, fasteners, etc. The performed studies show the need to install 7 screens with a total area of 20 m^2 to satisfactorily reduce the sound level to the values regulated by sanitary and hygienic requirements. A decrease in the prevailing factor will entail a general decrease in the class of working conditions by hazard and hazard of the operator by one degree.

Keywords: tire recycling, grinding plant, disintegrator, chopper, working conditions, harmful and hazardous production factors, noise reduction.

Введение. Деятельность небольших автотранспортных предприятий предполагает образование таких отходов, как отработанное моторное масло, аккумуляторы, изношенные или поврежденные элементы конструкций транспортных средств и шины. Последние крайне огнеопасны. Температура горения шин равна температуре горения каменного угля, в воздух выбрасываются вредные продукты, в том числе канцерогены [1]. Шины практически не подвержены биологическому разложению, а при складировании и захоронении служат идеальным местом для размножения грызунов и кровососущих насекомых, переносчиков инфекционных заболеваний. Вместе с

тем из автошин можно извлечь ценное сырье: каучук, металл и текстильный корд. Эти материалы в процессе эксплуатации в основном не меняют первоначальные свойства.

Рациональное использование изношенных шин имеет существенное социально-экономическое значение. Транспортное предприятие «ТрансЛогистикЭкспресс» (г. Сарапул) решает проблему сокращения объемов отходов и вовлечения их в ресурсный цикл с целью снижения издержек и формирования бережного отношения к окружающей среде. Это актуализирует разработку технологий по утилизации. В настоящее время еще не создана система централизованного сбора шин. В случае внедрения физического метода их переработки (резки) в крошку технологический процесс будет сопровождаться повышенными уровнями вредного воздействия (преимущественно виброакустического и химического). При создании технологии утилизации отходов производства на транспортном предприятии «ТрансЛогистикЭкспресс» с учетом требований безопасности труда необходимо решить ряд задач.

1. Выявить основные виды отходов, образующихся на предприятии.

2. Проанализировать количественный состав и выделить доминирующие типы отходов с оценкой их влияния на здоровье персонала.

3. Проанализировать существующие методы переработки и утилизации основных видов отходов, образующихся на предприятии.

4. Разработать технологии утилизации изношенных автомобильных шин с учетом обеспечения безопасности труда оператора на дезинтеграторе.

Основная часть

Анализ существующих методов переработки шин и выбор варианта, приемлемого для внедрения. Согласно опросу владельцев автотранспортных компаний, около 40 % из них пользуются услугами предприятий по утилизации отходов, 60 % избавляются от них другими способами, в том числе самостоятельно. Переработка изношенных шин является трудноразрешимой технической задачей, которую дополнительно усложнило использование металлокорда.

Шины состоят из резины, которая производится из натуральных и синтетических каучуков, и корда. Кордовая ткань может быть изготовлена из полимерных, текстильных и металлических (металлокорд) нитей. Шина состоит из каркаса, слоев брекера, протектора, борта и боковой части. Текстильный и полимерный корд применяются в легковых и легкогрузовых шинах, металлокорд — в грузовых. В зависимости от ориентации нитей корда в каркасе различают шины радиальные и диагональные.

Автомобильные шины можно переработать различными способами. Один из самых простых — сжигание. В этом случае происходит полное разрушение исходных продуктов с выделением значительного количества тепловой энергии. По энергетическому потенциалу автопокрышка сравнима с высококачественным углем: ее теплотворная способность — около 30 МДж/кг [2]. С другой стороны, сжигание покрышек сопровождается образованием ядовитых веществ, и организация адекватной системы очистки требует существенных капиталовложений.

Другой метод — пиролиз, то есть химическое разложение резины без доступа кислорода. Таким способом получаются продукты для повторного использования в нефтехимической отрасли промышленности. Технический углерод и другие твердые вещества, остающиеся после пиролиза, могут использоваться в качестве наполнителей. Однако организация пиролизного производства (как и любого химического производства) требует значительных затрат ресурсов и энергии, что не всегда целесообразно в условиях малого предприятия.

Представляется перспективной технология измельчения шин при умеренных скоростях резания. В этом случае поочередно выполняются: мойка, вырезка бортов, предварительное дробление, грубое дробление, мелкое дробление, сепарация и помол. На стадии предварительного дробления исполь-

зуется бортopезка, механические ножницы и шинорез, на последующих стадиях — дробильные и помольные вальцы, сепаратор для извлечения металлических частиц и вибросито. В настоящее время разработаны различные виды оборудования для измельчения резиновых покрышек, которые различаются по характеру и скорости нагружения, конструкции рабочего органа и т. п. Для этих целей применяют абразивные ленты и круги, гильотины, дисковые ножи, прессы, вальцы, роторно-ножевые дробилки и другое оборудование. Технологии дробления изношенных шин разрабатываются отечественными и зарубежными производителями. Например, компания Cumberland (Германия) [3] выпускает высокопроизводительные установки для переработки изношенных шин. На российском рынке в этом направлении активно работают компании «Нетмус» (http://netmus.ru) и Polimech (https://polimech.ru/). В 1 тонне шин содержится 600–650 кг резины, 130–150 кг текстиля, 130–200 кг металла. Отработанная шина представляет собой ценное вторичное сырье, содержащее 65–70 % резины (каучук), 15–25 % технического углерода, 10–15 % высококачественного материала. Итак, приемлемым вариантом переработки автошин на малом предприятии является технология механического измельчения.

Краткая характеристика технологического процесса механического измельчения шин и условий труда оператора. Дезинтегратор (измельчитель), выпускаемый компанией «Техноресурсы» [4], представлен на рис. 1.



Рис. 1. Установка по переработке шин (УПШ)

Оборудование позволяет перерабатывать в крошку все типы шин. Его основные характеристики:

— диаметр посадочного кольца отработанных шин — от R15 до R33;
— наружный диаметр шин — до 2000 мм;
— вес шин — до 600 кг;
— габариты устройства (Д×Ш×В) — 2200×2000×3000 мм;
— вес устройства не более 1500 кг;
— режущая группа — 10 фрез;
— срок службы фрез — 180–350 шин (в зависимости от состояния покрышки и ее размера);
— оптимальная производительность станка — 6–20 шин/ч (до 120 кг резиновой крошки).

С каждой грузовой изношенной шины диаметром до 1200 мм снимается до 20 кг чистой резиновой крошки (в зависимости от степени износа протектора). Далее снимается резинокордовый слой, и на выходе получается крошка с кусочками корда, требующая дополнительной очистки. При переработке крупногабаритных шин диаметром от 1600 до 2000 мм возможно изготовление чистой крошки с небольшими включениями текстильного волокна или металлической проволоки массой 60–150 кг. Производительность при переработке крупногабаритных шин значительно выше, чем при переработке стандартных грузовых шин меньших размеров. Кроме того, механический измельчитель имеет дополнительные технические особенности, позволяющие оптимизировать про-

цесс измельчения. В качестве сырья применяются: вышедшие из использования карьерные крупногабаритные шины «БелАЗ», тракторные, грузовые и внедорожные покрышки различных типоразмеров с радиальной и диагональной конструкцией корда.

При работе на установке оператор выполняет перечисленные ниже действия.

1. Доставка покрышки к станку методом качения.

2. Установка шины в зажимной барабан вручную (при массе шин 25–35 кг), установка тяжелых шин с помощью механизма подъема и посадки.

3. Фиксация покрышки в устройстве с помощью гидравлического зажимного патрона.

4. Включение привода вращения зажимного патрона и начало резки шины —механический съем слоя резины при фиксированной скорости вращения покрышки (более 2000 об/мин).

5. Регулировка скорости подвода режущей кромки фрез к шине с целью получения фракции резиновой крошки необходимого размера, от которого зависит производительность установки. Она выше при выпуске крупных гранул и снижается при производстве мелких фракций.

6. Затем чистая резиновая крошка срезается до появления корда, и начинается второй этап — переработка кордовых слоев покрышки.

Руководство компании «ТрансЛогистикЭкспресс» утвердило следующие параметры производства:

1) минимальная площадь участка — 25 кв. м;

2) количество операторов в смену — 1 человек;

3) потребление электроэнергии — не более 10 кВт/час.

Готовая продукция складируется в металлический футовый контейнер вместимостью до 30 тыс. кг дробленой резины. Итак, производство условно делится на три зоны: склад сырья, сектор производства крошки, склад готовой продукции.

Характеристика вредных и опасных факторов, создаваемых работой установки. Специалист по охране труда на предприятии отмечает, что при работе малогабаритной установки по измельчению фиксируются вредные и опасные производственные факторы, указанные в табл. 1.

Таблица 1

Фактическое состояние условий труда

Наименование производственного фактора	Допустимый уровень	Фактический уровень	Превышение
Шум: эквивалентный уровень звука, дБА	80	88	8
Инфразвук: эквивалентный уровень звукового давления, дБ Лин	100	95	–
Вибрация общая: эквивалентный уровень виброскорости, дБ по осям X/Y/Z	92/92/92	70 / 68 / 73	–
Вибрация локальная: эквивалентный уровень виброскорости, дБ по осям X/Y/Z	126/126/126	118 / 120 / 118	–
Микроклимат: температура воздуха, °С (категория — Iб)	21–23	22	–
в т. ч. скорость движения воздуха, м/с	0–0,2	0,2	–
в т. ч. влажность воздуха, %	15–75	48	–

Шум, вибрация и пр. возникают из-за работы режущих кромок ножей, двигателя и механической передачи (см. рис. 1). Общий класс условий труда — третий, степень опасности — вторая. Анализ таблицы позволяет сделать вывод, что при работе на установке доминирующим негативным фактором является повышенный уровень шума. Общий класс условий труда — 3.2. Практика показывает, что, как правило, превышение уровня шума является ключевым аспектом работы всех типов малогабаритных установок, на которых реализуются процессы резания. Это сверлильные, токарные и др. станки.

Мероприятия по улучшению условий труда при работе на установке. Уровень шума на рабочем месте превышает допустимые нормы и должен быть снижен. Технические меры безопасности имеют приоритет над организационными. Работники должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты слуха.

Простейшим способом подавления шума является организация препятствий на пути распространения звука из точки *А* в точку *Б*. На практике это реализуется установкой шумозащитных экранов или ширм. Если источник излучает звук во все стороны, уместно изготовление шумозащитного кожуха. С одной стороны, логичным решением может стать сооружение кирпичного ограждения, однако это не всегда выгодно. Условия размещения такого ограждения в общей планировке территории могут не удовлетворять требованиям эргономики и рационального использования доступного пространства. Возникает необходимость сооружать переносное или разборное устройство. В качестве мероприятия для улучшения условий труда на рабочем месте оператора предложено установить совокупность шумозащитных ширм — угловых и фронтальных (рис. 2).



Рис. 2. Шумозащитная ширма

Эффективность таких устройств зависит от многих факторов, включая «герметичность» ограждения в целом.

Угловая ширма конструктивно представляет собой две панели, облицованные фольгированным акустическим войлоком, заключенным в металлический каркас. Ширмы устанавливаются на колесные опоры, две из которых расположены с внутренней стороны и оснащены тормозным устройством. Таким образом, объемная конструкция может свободно перемещаться и быть установлена в любом месте производственного участка. Степень защиты кабины или помещения зависит от числа используемых ширм. В условиях предприятия «ТрансЛогистикЭкспресс» необходимы семь ширм общей площадью 20 м^2.

Анализ рынка шумозащитных материалов и конструкций показал, что наилучшим вариантом в условиях работы автотранспортного предприятия является применение акустического войлока с фольгированной поверхностью. Это безопасное и экологичное решение улучшает виброакустические характеристики салонов легковых автомобилей [5]. Так, акустический войлок «HL Комфортмат» обладает следующими характеристиками: толщина 15 мм; размер одного листа

1500×1000 мм; удельный вес 0,7 кг/м^2; коэффициент звукопоглощения 0,5 на частоте 1000 Гц [6]. Войлок занимает одну из первых позиций среди шумопоглощающих материалов. Кроме того, он отличается низкой способностью к образованию пыли, устойчивостью к повышенной влажности, небольшим весом, огнестойкостью, отсутствием в составе абразивных материалов, экологичностью.

По предварительным оценкам, установки шумозащитного ограждения в виде ширм достаточно, чтобы уровень шумовой нагрузки соответствовал требованиям для класса условий труда 3.1 (82 дБА, при 80 дБА для второго класса вредности и опасности).

На рис. 3 показано распределение уровней звукового давления на рабочем месте оператора.

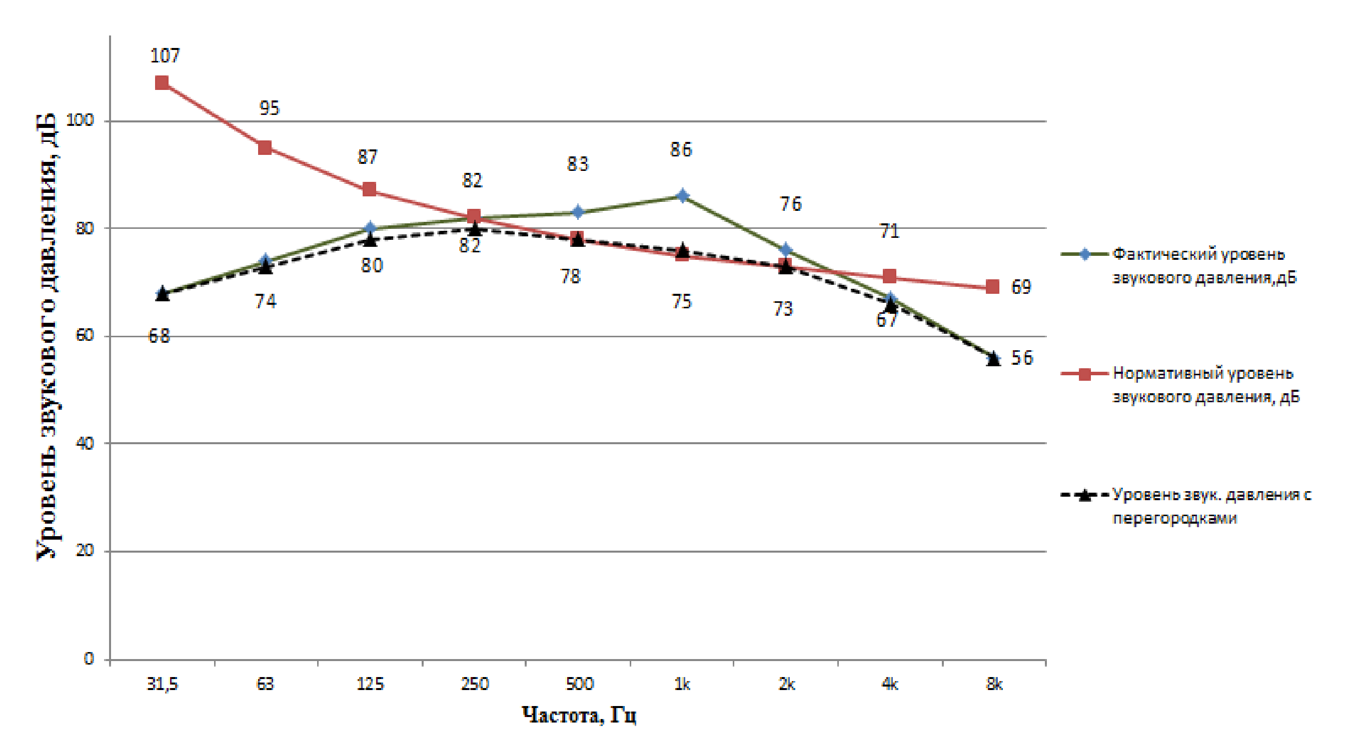


Рис. 3. Распределение уровней звукового давления на рабочем месте оператора

Исходные данные для построения графика нормативных значений уровня звукового давления приведены в [7]. Фактический уровень звукового давления на рабочем месте составляет 88 дБА. Фактический уровень звукового давления без установки станка и уровень звукового давления, достигаемый за счет шумозащитной ширмы при работе оборудования, рассчитываются по данным справочников [7, 8, 9]. Достигаемый уровень звукоизоляции вычисляется по формуле [8]:

$$\Delta L = 10\lg\frac{1+\dfrac{4r^2Q}{\Phi}\left(\dfrac{1}{A}-\dfrac{1}{S}\right)}{1+\dfrac{4r^2Q}{\Phi}\left(\dfrac{1}{A'}-\dfrac{1}{S}\right)},$$

где Ф — фактор направленности источника; r — расстояние от источника до расчетной точки, м; Q — пространственный угол излучения, стерадиан; S — площадь звукопоглощающего материала, м^2; A, A' — общая и эквивалентная площади звукопоглощения, м^2; ΔL — достигаемый уровень звукоизоляции, дБ.

Обоснованно сравнивать реальный уровень звукового давления до и после внедрения средства коллективной защиты можно только после проведения соответствующих мероприятий. Однако предварительные расчеты показывают их целесообразность и достаточность.

Заключение. На автотранспортных предприятиях производится замена отслуживших деталей и узлов автомобилей, образуются отходы производства: шины с металлокордом, шины с тканевым кордом, отработанные металлические детали автомобилей, аккумуляторы, картонные воздушные фильтры, отработанные тормозные накладки и другие виды отходов. Экономически и экологически целесообразны утилизация отработанных шин (отходы IV класса опасности), вовлечение их в ресурсный цикл. При работе установки по измельчению шин на производственной площадке начинают действовать (или усугубляются) вредные факторы, особенно шум. Расчет характеристик распределения звукового давления должен производиться на этапе проектирования таких установок, что не всегда возможно. Если технологический процесс уже налажен, установка средств коллективной защиты приводит к перераспределению звуковых уровней в помещении. Измерение фактического уровня шума и сравнение его с предельно допустимыми значениями позволяют обосновать необходимость дополнительных шумозащитных мероприятий. Применительно к проведенному исследованию на основании расчетов предполагается, что установка шумозащитных ширм вокруг станка для резки отработанных покрышек обеспечит снижение фактического уровня звука до показателей, соответствующих классу 3.1.

Дальнейшая работа в этом направлении предполагает исследование более крупных производств по переработке покрышек и совершенствование шумозащитных свойств акустических ширм за счет изменения их конструкции. В итоге класс условий труда будет снижен до 2-го.

Библиографический список

1. End of Life Tires as a Possible Source of Toxic Substances Emission in the Process of Combustion [Электронный ресурс] / I. Glushankova [et al.] // Resources. — 2019. — № 8 (113). — 10 p. — Режим доступа: https://doi.org/10.3390/resources8020113 (дата обращения 12.10.19).

2. Tyres as an alternative fuel [Электронный ресурс] / Pro Global Media Ltd // Global cemfuels. — 3 March 2011. — Режим доступа: https://www.cemfuels.com/articles/318-tyres-as-an-alternative-fuel (дата обращения 31.08.19).

3. S SERIES Four Shaft Shredders [Электронный ресурс] / Cumberland. — Режим доступа: https://www.cumberlandplastics.com/wp-content/uploads/2019/04/TS-Cumberland-S-Series_Rev03.08.2019.pdf (дата обращения 02.09.19).

4. Установка по переработке шин УПШ [Электронный ресурс] / ООО «Техноресурсы» // Техноресурсы. Производство и поставка оборудования. — Режим доступа: http://www.stanki-ru.ru/stanki-dlya-pererabotki-shin/ustanovka-po-pererabotke-shin-upsh.html (дата обращения 20.05.19).

5. Иванов, Н. И. Влияние материала на акустическую эффективность шумозащитных экранов / Н. И. Иванов, А. Е. Шашурин, Ю. С. Бойко // Noise Theory And Practice. — 2016. — Т. 2, № 4 (6). — С. 24–28.

6. Cox, T. J. Acoustic absorbers and diffusers: theory, design, and application / T. J. Cox, P. D'Antonio. — London ; New York : Spon Press, 2004. — 428 p.

7. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [Электронный ресурс] / Госкомсанэпиднадзор РФ. — Режим доступа: http://base.garant.ru/4174553/ (дата обращения: 12.10.19).

8. Борьба с шумом на производстве / Е. Я. Юдин [и др.]. — Москва : Машиностроение, 1985. — 400 с.

9. Акустика / А. П. Ефимов [и др.]. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Радио и связь, 1989. — 336 с.

Об авторах:

Тюрин Александр Павлович,
доцент кафедры «Техносферная безопасность», заместитель начальника управления научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова» (РФ, Россия, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 7), доктор технических наук,
asd1978@mail.ru

Верзакова Дарья Дмитриевна,
магистр-инженер, ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», (РФ, Россия, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 7).
verzakovad@mail.ru